

ループ不変条件を利用したコード作成支援システムの検討と試作

2000MT015 林 晃一郎
指導教員 真野 芳久

1 はじめに

我々はこれまでに、ループ不変条件を利用した繰返しコード作成を支援するためのシステム LiPLIS の検討と開発を進めている [2]。LiPLIS では、繰返しの実行時の状態を図式として表現することで、プログラム作成支援を提案している。図式を用意することで、視覚的、直観的に繰返しの状態を把握することができ、系統的にコード作成を行いやすくなる。そのため、我々は図式を描くための、図式化支援ツールについての検討も行っている [3]。このツールでは、ループ不変条件の情報をユーザから受け取って図式を描く。

しかし、LiPLIS および図式化支援ツールでは、図式の描画について検討しているが、ユーザのコード作成をシステムが支援することについては未検討である。図式描画のために与えられるループ不変条件の情報には、コード作成に役立つ情報が含まれていると考えられるため、これを利用することでシステム側がコード作成を支援することが期待できる。本研究ではこれを検討する。

まず、図式のデータや描画に行われる操作から、コードの候補などのコード作成に役立つ情報をシステムが提示することを検討する。そして、ユーザがシステムに図式を描かせるためのデータを与えていくことで、図式と繰返しのコードが徐々にできあがっていく環境について考える。また、簡単なコード作成支援機能の試作も行う。なお、本研究ではコード作成支援を検討するプログラム問題として、一次元配列を一つ用いる問題のみ扱うとする。その他の問題については、本研究で得られた成果をもとに対応させる予定である。

また、本研究で行った検討のなかで、本稿では主に繰返し本体コード作成の支援について述べる。

2 進行図式利用の支援の検討

本研究では繰返し本体コード作成を支援するために、繰返しの途中の状態を表したループ不変条件の図式 (以下、ループ不変図式と呼ぶ) と、反復が一回進んだ後の状態の図式 (以下、進行図式と呼ぶ) の二つを用いる。これは、繰返しの本体コードがループ不変条件の状態と反復が一回進んだ後の状態との差分を作り出すものと考えられることができるためである。

2.1 問題のクラス分け

進行図式はループ不変図式の配列図の添字が若干進行方向へ移動したものとなる。この二つの図式間の差分を利用してのコード作成支援を検討する。しかし、繰返し本体コード作成は複雑な作業であり、問題によって作成するコードも異なる。そこで本研究では、一次元配列を

一つ用いる問題を大きく次の二つのクラスに分け、それぞれの支援を行うこととした。

1. 配列中を操作する問題
2. 配列中を検索する問題

このようにクラス分けする理由として、本研究で検討を進めるなかで、同じクラスに属する問題どうしは同様の方法で、システムがユーザに有効な情報を提示できることがわかったためである。

2.2 配列中を操作する問題

まず、配列中を操作する問題について述べる。このクラスの問題は、配列への要素の代入もしくは配列中の要素どうしの交換を行って、配列の中身を変更していく問題である。また、未処理部分のある要素に着目し、その要素値ごとの場合分けをしてコード作成することが多い。このクラスの典型的なものとしてオランダ国旗問題があげられる。オランダ国旗問題とは、

配列 $A[0 \dots N-1]$ があり、その要素値として、*Red*, *White*, *Blue* の値が入っている。要素の交換を用いることでこれら全ての値を *Red*, *White*, *Blue* の順に並びかえる。

という問題であり、ループ不変図式と、未処理部分の $A[w]$ の要素値が *Red* であった状態からの進行図式は図 1 となる。なお、図 1 の配列図の添字の下に矢印は、繰返しの反復が行われたときの添字が移動する方向を表す。また、繰返しの進行後で変化があった部分には『』を付けている。

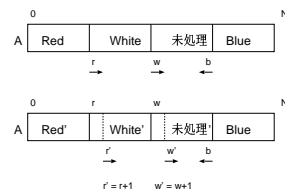


図 1: オランダ国旗問題のループ不変図式 (上) と進行図式 (下)

■ 区間の変化から操作が必要な位置を見つける 次にオランダ国旗問題を例としてこのクラスの問題の支援方法を述べる。オランダ国旗問題での上記進行図式は、*Red* の区間が拡張し *White* の区間が一つ右にシフトしている。そのため反復の進行後 $A[r] = \text{Red}$, $A[w] = \text{White}$ となる必要がある。つまり、 $A[r]$, $A[w]$ に *Red*, *White* を代入もしくは、反復進行前に $A[r] = \text{White}$, $A[w] = \text{Red}$ であることがわかっていれば $A[r]$, $A[w]$ の要素の交換を行うことで反復進行後の状態にできる。また、オランダ

国旗問題以外の同じクラスに属する問題も、このように反復進行後の添字の移動から区間が変化することをシステムが調べれば、配列のある位置での値の代入もしくは、要素の交換の可能性があることがユーザに提示できる。

■ループ不変条件維持を利用 繰返しの意味より反復進行後もループ不変条件が維持される。この性質を用いることでも支援が期待できる。オランダ国旗問題を例にとれば、ループ不変図式の未処理部分の位置 w について $A[w] = Red$ が与えられていれば、ループ不変条件より Red の要素は配列の左側に集められることから、配列の左側によせる、つまり要素の交換の可能性があることがいえる。

2.3 配列中を検索する問題

このクラスの問題は、配列の中身を操作するのではなく、配列の中の情報を求めることが目的である。また、繰返しの実行中に配列の情報を、逐次格納するための変数を用いる。このクラスの問題の典型的なものとしては、平原問題があげられる。この問題を例にシステムによる支援を検討することにする。平原問題とは、

配列の平原とは、同じ値が連続する区分をいう。整列済み (\leq の順) の配列 $A[0 \dots N-1]$ に含まれる平原の最大長さ p を求める。

という問題である。この問題のループ不変図式は図2とする。進行図式は図3のように、 p の値が変化しないものと変化するものの二つとなる。

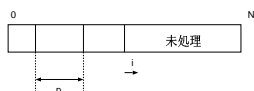


図2: 平原問題のループ不変図式

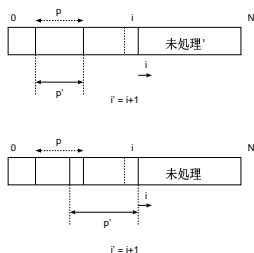


図3: 平原問題の二つの進行図式

平原問題では、変数 p が配列の検索ずみの区間 (ループ不変図式でいえば、区間 $[0, i)$) に含まれる平原の最大長さを格納する。また、反復進行後 p の値が変化する場合は図3からもわかるように、新たに処理された i の部分の情報を p が含んだものとなっている。平原問題以外の配列中を検索する問題でも変数を用意し、同じように反復進行後、変数値が変化するものしないものに区別することができる。変化する場合は、新たに処理された部分の情報を変数を含むことになる。この性質を用いることで、

システム側で二つの進行後の状態を想定して、それを図式としてユーザに提示することができる。また、繰返し本体コードは、変数が変化するものしないものとで場合分けをしたものが提示できる。

3 その他の検討事項

上述の検討以外に、本研究で行ったその他の検討事項についてここで簡単にまとめる。本研究では繰返し本体コード以外にも、繰返しの初期設定コードおよび継続条件の候補をシステムが提示することを検討した。これには、繰返しの初期状態を表す図式、繰返しの終了直後の状態を表す図式を用いて支援を検討した。

また、図式を描くためのデータをユーザがシステムに与えるために、特殊なデータ記述形式を用意した。この記述形式に従ってユーザはデータを入力し、対話的にシステムとやりとりを行うことで繰返し全体のコードの概観と図式が得られていく環境を考えた。それを図4に示す。

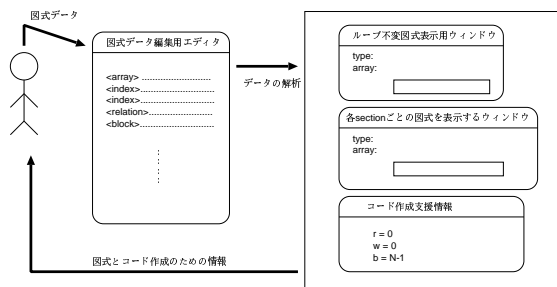


図4: ユーザとシステムの情報のやりとり

4 おわりに

本研究では、図式のデータをもとにコード作成を支援する環境について検討した。問題点として、現時点では簡単な初期設定と継続条件の候補を提示する機能の試作しかできておらず、繰返し本体コード作成に役立つ情報を提示する機能が未完成であることがあげられる。また、一次元配列を用いた問題以外にも、より多くの問題に対応した支援を検討することが今後の課題としてあげられる。

参考文献

- [1] 古田壮宏, 真野芳久: ループ不変図式に基づく文芸的プログラミング - 繰返しコードの系統的作成方法について -, 南山大学経営研究センター No.0301 (2003.6).
- [2] 古田壮宏: 説明文書としてのループ不変式を利用したプログラミング支援について, 南山大学大学院経営学研究科修士論文 (2002.1).
- [3] 伊藤友則: ループ不変図式の表現方法および表示アルゴリズム, 南山大学経営学部情報管理学科卒業論文 (2002.1).